

**(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)**

**(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle**
Bureau international



06 OCT 2004



(43) Date de la publication internationale
16 octobre 2003 (16.10.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/084883 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : C03B 5/02

COMPAGNIE GENERALE DES MATIERES NU-CLEAIRES [FR/FR]; 2, rue Paul Dautier, F-78140 Velizy-Villacoublay (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR03/01087

(72) Inventeurs; et

(22) Date de dépôt international : 7 avril 2003 (07.04.2003)

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : GIROLD, Christophe [FR/FR]; 27, route des Hors, F-84420 Pio-lenc (FR). BRUGUIERE, Lionel [FR/FR]; Lou Mas le Petit Tauran, F-34130 Saint-Aunes (FR). BOEN, Roger [FR/FR]; Quartier "Les Gazelles", F-30130 Saint-Alexandre (FR). BONNETIER, Armand [FR/FR]; 16, ancienne Route Royale, F-84100 Orange (FR). BOJAT, Louis [FR/FR]; "Les Coteaux de Puech Vigan", Chemin d'Auzigue, F-30330 Cavillargues (FR).

(25) Langue de dépôt : français

(74) Mandataire : LEHU, Jean; c/o Brevatome, 3, rue du Docteur Lancereaux, F-75008 PARIS (FR).

(26) Langue de publication : français

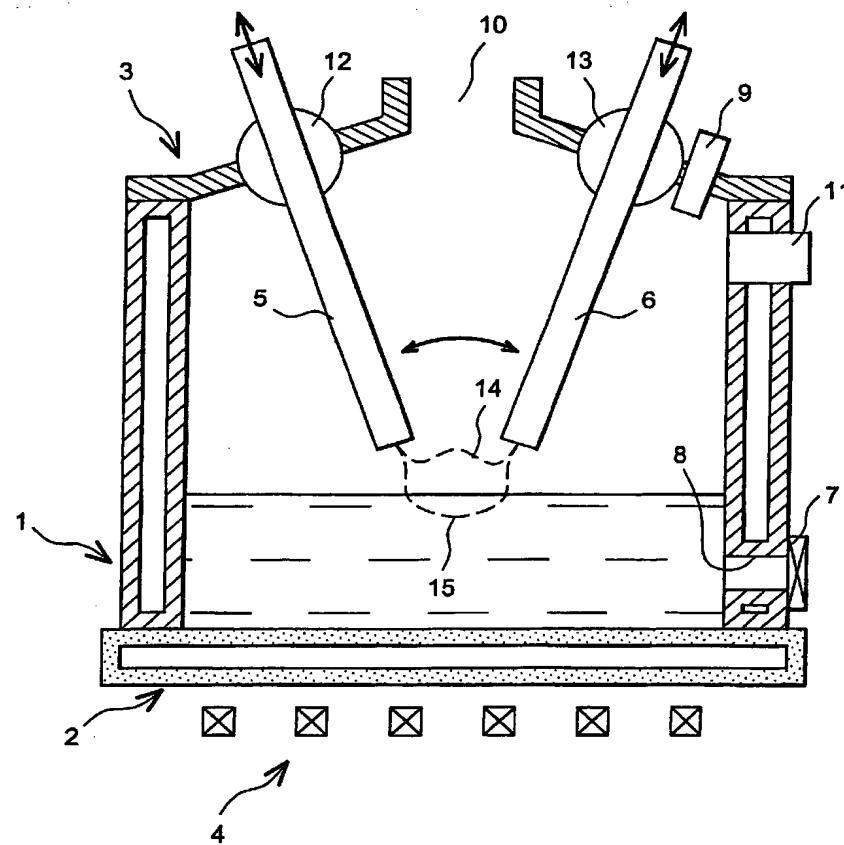
[Suite sur la page suivante]

(30) Données relatives à la priorité :
02/04328 8 avril 2002 (08.04.2002) FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) : COM-MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 31/33, rue de la Fédération, F-75752 Paris 15ème (FR).

(54) Title: VITRIFICATION FURNACE AND METHOD WITH DUAL HEATING MEANS

(54) Titre : FOUR ET PROCEDE DE VITRIFICATION A DOUBLE MOYEN DE CHAUFFAGE



WO 03/084883 A1

(57) Abstract: The invention concerns a method for waste combustion and vitrification wherein at least one plasma jet is associated with a highfrequency continuous direct induction melting device (4). The crucible consists of a continuous outer shell (1) and a hearth (2) both cooled by a liquid circulating in internal channels. The inductor is placed beneath the hearth. A gravity drain valve is present at the bottom or on the side.

(57) Abrégé : Procédé de combustion et de vitrification de déchets dans lequel au moins un jet de plasma d'oxygène est associé à un dispositif de fusion en continu par induction directe (4) à haute fréquence. Le creuset est formé d'une virole (1) externe continue et d'une sole (2) toutes les deux refroidies par un liquide circulant dans des canaux internes. L'inducteur est placé en dessous de la sole. Une vanne de vidange par gravité existe au fond ou sur le côté.



(81) **États désignés (national) :** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés (régional) :** brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,

TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- *avec rapport de recherche internationale*
- *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

FOUR ET PROCEDE DE VITRIFICATION A DOUBLE MOYEN DE
CHAUFFAGE.

DESCRIPTION

5

L'invention exposée ici ressortit à un four et à un procédé de vitrification à double moyen de chauffage, et elle concerne le traitement par combustion et vitrification d'une grande variété de déchets dans un appareil en métal refroidi. Les fonctions du procédé sont d'assurer l'incinération complète des matières combustibles et de confiner la fraction minérale du produit traité dans une matrice élaborée par fusion à haute température. Le déchet obtenu est un verre (ou un corps vitro-cristallin) renfermant dans sa structure atomique les éléments toxiques à confiner.

Depuis plusieurs années, de nombreux travaux de recherche concernent l'immobilisation de la fraction毒ique de déchets combustibles variés dans une matrice de type vitreuse, vitro-cristalline ou cristalline, la toxicité pouvant être chimique (ainsi, des métaux lourds) ou radioactive. L'intérêt est souvent multiple : stabiliser les déchets, aboutir à une matrice de confinement éprouvée et durable, réduire le volume initial des déchets, etc.

La recherche d'un procédé industriel permettant de réaliser à la fois la combustion et la vitrification dans un appareil unique, simple et générant peu de déchets secondaires présente un intérêt économique évident.

Plusieurs voies on été explorées, dans des laboratoires de recherche ou à des échelles industrielles. On peut citer essentiellement l'utilisation des plasmas thermiques, des variantes 5 utilisant des électrodes immergées ou non et la fusion par induction directe.

En ce qui concerne les traitements au plasma, plusieurs procédés ont été développés, mais ils présentent des inconvénients qui ont rendu difficile 10 leur application industrielle. En effet, construits en matériaux réfractaires, les creusets s'usent rapidement, à la fois au contact du verre fondu (par corrosion dans un milieu agressif complexe) et sous le rayonnement intense de plasma. La capacité de 15 traitement de déchets combustibles dans ces fours à plasma est également limitée afin de ménager les garnissages en matières réfractaires.

Les gaz plasmagènes habituellement utilisés sont de l'azote ou de l'air. Dans le premier cas, le 20 plasma généré n'est utilisé que comme source de chaleur et non pas comme élément de combustion, ce qui conduit au simple craquage des molécules organiques. Ceci rend complexe la composition chimique et le traitement des fumées qui contiennent beaucoup d'imbrûlés, de suies et 25 poussières et souvent d'oxydes d'azote. Le cas de l'utilisation d'air comme gaz plasmagène résout partiellement les inconvénients précédent mais 80% des gaz sont alors inutiles et cependant portés à haute température, ce qui nécessite un sur-dimensionnement 30 des unités de traitement des gaz.

Des réalisations de fusion par plasma en creusets refroidis ont également été testées afin de

s'affranchir du problème des réfractaires. Le cuivre est proposé comme matière de construction de creusets mais il possède le même inconvénient d'être sensible à la corrosion, particulièrement en milieu nitrique ; 5 l'acier inoxydable noble lui est préférable. Cependant, les transferts thermiques du matériau fondu dans le creuset vers les parois sont tels que la fusion est toujours rendue difficile, ce qui est préjudiciable à l'établissement d'un bain suffisamment étendu et à la 10 vidange du creuset.

La technique de fusion par induction directe à haute fréquence dans un creuset métallique dont au moins une partie est transparente aux champs électromagnétiques est aussi connue. La fusion, 15 l'établissement d'un bain de verre suffisant et la coulée sont, avec cette technique, maîtrisés. Des utilisations sont connues dans le domaine de l'élaboration de verres ou d'émaux de grande pureté ou dans le domaine de la vitrification de déchets 20 radioactifs de haute activité. On trouve des descriptions pertinentes dans les demandes de brevets français FR 91 02596 ou FR 96 09382. Mais en appliquant ce procédé à la fusion d'une matrice de confinement au-dessus de laquelle sont jetés des éléments 25 combustibles, des inconvénients sont mis en évidence. Notamment, l'interaction chimique du déchet à traiter avec le matériau fondu est forte et conduit à des modifications importantes de sa composition et de son homogénéité. La réduction jusqu'à la phase métallique 30 d'un matériau à base d'oxyde (verre) est par exemple quasi inévitable lorsque le déchet contient du carbone ou de l'hydrogène ou du soufre, même en mettant en

œuvre des moyens de soufflage d'air ou d'oxygène dans ou sur le bain. Ce résultat altère les propriétés recherchées pour la matrice de confinement des cendres ainsi que le bon fonctionnement électromagnétique du 5 procédé. En ce qui concerne la combustion en surface, selon le pouvoir calorifique des déchets traités, la température (donc la fusion) de la couche superficielle du matériau fondu n'est pas toujours assurée, et il peut apparaître un refroidissement associé à une 10 accumulation de matière restée solide. A noter que le démarrage des procédés de fusion par induction directe en creuset froid nécessite toujours la mise en œuvre d'un procédé spécifique (suscepteur, métallo-thermie, etc.) lorsque le matériau fondu n'est pas conducteur 15 électrique à basse température, ce qui est le cas du verre.

Le but de l'invention est de remédier à l'ensemble de ces inconvénients en présentant un procédé hybride permettant de découpler les fonctions 20 combustion et vitrification dans un même appareil. La fonction de combustion avec maîtrise de l'atmosphère oxydante est assurée par un plasma d'oxygène à la surface du matériau fondu alors que la fonction de fusion est remplie majoritairement par un chauffage 25 inductif direct dans le matériau fondu. Les deux fonctions deviennent complémentaires dans le procédé. Le plasma permet le démarrage de la fusion, la combustion complète en surface, la maîtrise de l'atmosphère oxydante, l'augmentation de capacité, la 30 non-accumulation des déchets en surface, alors que l'induction directe permet d'obtenir simultanément une fusion homogène du matériau dans la structure refroidie.

et permet la coulée. Dans des phases particulières de fonctionnement, si la température en surface doit être modérée (recyclage d'éléments volatils) ou que le produit alimenté ne nécessite pas de combustion, le 5 chauffage par induction seul peut être utilisé.

L'invention est une installation et un procédé de combustion-vitrification de déchets incinérables ou minéraux, installation ci-après dénommée four. Le four est caractérisé en ce que deux 10 modes de chauffage sont utilisés, de manière associée ou dissociée. Le premier mode de chauffage est un plasma thermique d'oxygène. Le moyen de génération du plasma se trouve au-dessus de la surface d'un matériau fondu se trouvant dans un creuset refroidi par des 15 fluides circulant. Le plasma thermique peut être généré par une torche à haute fréquence, une torche à arc soufflé ou une torche à arc transféré. Dans le mode préféré de réalisation décrit ci-après, le plasma est 20 un plasma d'arc généré entre deux torches aériennes mobiles couvrant tout ou partie de la surface du matériau fondu.

Le second mode de chauffage utilise un inducteur permettant le chauffage par induction directe du matériau contenu dans le creuset. Le creuset est 25 constitué d'une virole externe et d'une sole, toutes deux refroidies par des fluides circulant. Au moins l'une des deux parties du creuset doit être transparente au rayonnement électromagnétique (c'est-à-dire sectorisée si elle est réalisée dans un matériau 30 conducteur électrique) afin de permettre la création de courants induits dans le matériau fondu contenu. L'inducteur peut être un bobinage hélicoïdal se plaçant

à l'extérieur d'une virole ou un bobinage plat sous une sole.

L'inducteur se trouve sous la sole et le creuset comprend une virole non sectorisée. Ceci est justifié par le fait que durant la combustion en surface, il peut y avoir formation de poussières conductrices qui créent des courts-circuits entre les secteurs isolés (phénomène allant jusqu'à la détérioration des secteurs) ou de nappe de sels non dissous, perturbant la forme du champ électromagnétique. De plus, l'induction par les parois latérales favorise le chauffage du bain de verre en surface, alors que l'induction sous la sole favorise le chauffage du fond du creuset. Ce dernier mode est idéal dans le cas de l'invention puisque le plasma chauffe la surface du verre. La sole peut être en métal sectorisé mais dans le mode préféré, elle est non sectorisée car réalisée en matériau isolant électrique et bon conducteur thermique. L'usure de tels matériaux réfractaires est moins à redouter ici car sous le bain, la surface de la sole ne subit pas les agressions du plasma et des gaz et poussières corrosifs. La continuité de structure, contraire à la sectorisation, est évidemment avantageuse car elle donne une plus grande facilité de fabrication et une meilleure résistance à l'usure en raison, entre autres, de l'absence de garnitures d'étanchéité entre les secteurs.

L'atmosphère oxydante dans le four permet avant tout d'éviter la formation, d'une phase métallique dans le bain fondu et d'obtenir un matériau fondu homogène de nature vitreuse où la combustion des

matières organiques est complète et le traitement ultérieur est plus simple.

L'art antérieur comprend un document US 5 750 822 qui décrit aussi un double chauffage, par une bobine inductrice entourant la paroi latérale et par une torche à plasma. Contrairement à l'invention, les deux moyens de chauffage servent à favoriser l'apparition et la séparation de deux phases de natures différentes (métallique et vitreuse) dans le bain fondu, qui sont chauffées et fondues par les deux moyens respectivement, le plasma étant affecté à la phase vitreuse et l'induction à la phase métallique.

Le brevet français 96 09382 déjà cité mentionne un inducteur placé sous la sole d'un four de vitrification, mais comme moyen unique de chauffage.

La combinaison des deux moyens de chauffage conforme à l'invention et de l'emploi de plasma d'oxygène (alors que l'introduction d'oxygène sous d'autres formes s'est révélée insuffisante) permet donc d'obtenir une seule phase, non métallique, du bain fondu, et un chauffage assez uniforme bien approprié à la phase unique.

L'invention sera maintenant décrite à l'aide de la figure 1, qui est annexée à titre illustratif et non limitatif et représente le mode préféré de réalisation de l'invention.

Le four selon l'invention compte six parties principales qui sont une virole 1, une sole 2, une voûte 3, un inducteur 4, une torche à plasma cathode 5, une torche à plasma anode 6, une vanne de vidange 7.

Le creuset froid est constitué de la virole 1, de la sole 2 et de la voûte 3. La virole 1 est une virole verticale en métal refroidi, et placée sur la sole 2 horizontale refroidie. La virole 1 comporte en partie basse un orifice de vidange 8 obturé par la vanne de vidange 7, qui est coulissante et refroidie. Dans une variante, l'orifice de vidange 8 peut être placé sur la sole 2. Ni la virole 1 ni la sole 2 ne sont sectorisées, ce qui signifie qu'elles sont continues sur leur circonférence, et la sole 2 est en matière isolante électrique, la virole 1 étant métallique. Une sole 2 métallique et sectorisée, donc transparent aux champs magnétiques, pourrait aussi être employé.

Le creuset est formé en partie supérieure par la voûte 3 recevant la torche à plasma cathode 5 jumelée avec la torche à plasma anode 6, un orifice d'introduction du matériau à fondre 9 et un orifice du déchet à traiter 10. Les gaz de combustion sont acheminés vers la suite de leur traitement via un orifice 11 placé en partie haute du creuset 1 refroidi. Dans une variante, l'orifice 11 peut être placé sur la voûte 3.

Les faces internes métalliques du creuset peuvent être revêtues par une faible couche de type céramique.

Dans cette réalisation, l'inducteur 4 est placé sous la sole et comprend au moins un bobinage plat.

Dans le mode de réalisation décrit, le creuset et notamment la virole 1 et la sole 2 sont de forme circulaire avec un inducteur 4 central, mais ils

peuvent prendre d'autres formes, en particulier elliptiques. Dans ce cas particulier de réalisation, l'inducteur 4 peut ne pas être surplombé par les torches à plasma 5 et 6 mais au contraire être décalé 5 latéralement d'elles de façon à favoriser deux zones dans le four, une plus chaude en atmosphère oxydante avec les torches à plasma et l'autre de température plus modérée, plus propice à un recyclage en continu d'éléments volatils par exemple.

10 "Dans le mode préféré de réalisation ici décrit, le plasma est généré au moyen d'un système à deux torches à plasma jumelées ; il pourrait être généré par un système à torche unique du type à arc transféré simple ou à arc soufflé.

15 Les torches à plasma 5 et 6 sont destinées à fonctionner de façon jumelée, l'une en tant qu'anode et l'autre en tant que cathode après avoir reçu une polarisation électrique appropriée. Elles sont toutes deux constituées d'une électrode métallique refroidie 20 entourée par un premier manchon intérieur alimenté en gaz plasmagène source protégeant l'électrode de son oxydation et d'un second manchon externe alimenté en gaz plasmagène de gainage. Le gaz de gainage est de l'oxygène dans notre cas. Les torches sont montées sur 25 des rotules 12 et 13 installées à travers la paroi de la voûte 3, ce qui les rend mobiles dans le creuset et permet de régler leur distance. Un dispositif mécanique quelconque, par exemple à vis de réglage, permet également de modifier la plongée des torches à plasma 5 30 et 6 dans le creuset en les faisant coulisser verticalement (ou sensiblement) et ainsi de les rapprocher ou de les éloigner de la surface du matériau

fondu. Ces mouvements possibles des torches 5 et 6 permettent évidemment, de façon avantageuse, de régler la forme et la place de l'arc intermédiaire.

L'arc électrique est amorcé par une décharge à haute tension et haute fréquence entre les deux torches 5 et 6. Il peut ensuite être entretenu soit en circulant au travers du matériau fondu selon le chemin 15 ou uniquement en aérien selon le chemin 14. Ce sont les positions géométriques des torches 5 et 6 entre elles ainsi que les paramètres électriques de l'arc et de débit de gaz plasmagène qui permettent d'imposer l'un ou l'autre de ces modes de fonctionnement. Dans le cas où le courant d'arc circule au travers du matériau fondu, il contribue fortement à sa fusion ; en aérien par contre, le plasma n'est utilisé que pour sa fonction chimique.

Lors du démarrage de l'appareil, les torches 5 et 6 sont approchées suffisamment près du matériau contenu dans le creuset pour commencer sa fusion. Dès qu'une faible quantité de matériau est fondu et devenue conductrice, les paramètres sont adaptés pour forcer le courant d'arc à passer au travers du bain fondu de façon à l'étendre plus rapidement. Quand la taille du bain formé le permet, le courant à haute fréquence est appliqué à l'inducteur 4 et la fusion du matériau par induction directe peut prendre le relais.

Les deux modes de chauffage peuvent ensuite être utilisés, selon l'application, en commun ou séparément. En phase d'affinage d'une matrice vitreuse, par exemple avant la coulée, le plasma peut ne pas être nécessaire, tout comme s'il existe un période durant

laquelle l'atmosphère au-dessus du bain doit être moins oxydante. En utilisant en permanence les deux modes de chauffage, on cherchera à éviter la formation d'une phase métallique imposant un potentiel redox pouvant 5 favoriser la volatilité de certains éléments à confiner.

Dans ce paragraphe, les avantages procurés par l'invention dans son mode préféré de réalisation sont repris.

10 - Démarrage au plasma d'arc quel que soit l'état du matériau à fondre (conducteur électrique ou non),

15 - absence de contre-électrode collectrice de courant noyée dans le matériau fondu (absence de pollution et de matière consommable noyée),

- souplesse de fonctionnement donnée par les différentes possibilités de mode d'arc (complètement aérien ou circulant en partie dans le matériau),

20 - configuration du plasma d'arc (jet cathodique et jet anodique) mieux appropriée à la combustion par rapport à une colonne simple de plasma : volume de plasma plus grand, rayonnement plus important,

25 - l'application de la combustion - vitrification de matière organique à la surface d'un bain de verre, contenu dans une structure froide, uniquement chauffé par plasma est limitée à un petit diamètre de creuset du fait des pertes thermiques vers 30 les parois. L'invention proposée, en couplant un moyen de chauffage autre, permet de constituer un bain de matériau fondu de très grande taille, toujours en

structure complètement froide, tout en conservant les avantages du plasma d'oxygène (bonne combustion) et en limitant les effets négatifs de volatilisation (le plasma n'est plus utilisé pour fondre après le 5 démarrage, mais seulement pour brûler),

- pour les mêmes raisons que précédemment, on résout les problèmes de fusion inhomogène du matériau et de vidange du creuset à parois froides,

10 - l'application d'un plasma d'oxygène en surface d'un matériau fondu limite, voire supprime, les interactions entre ce matériau et les éléments du déchet traité (oxydo-réduction, inclusion, etc.),

15 - le pilotage séparé des deux fonctions du procédé apporte une souplesse de fonctionnement sans antécédent, permettant d'envisager des cycles mixtes de combustion-vitrification, ou de vitrification seule, en adaptant les paramètres de chacun des moyens de chauffage (application à des déchets de natures différentes, au recyclage des corps volatils, etc.),

20 - le couplage "combustion par plasma-chauffage par induction" permet en outre d'apporter une solution au démarrage de la fusion de verre dans un creuset froid sans utiliser de moyens annexes (métallo-thermie, susception, etc.).

25 A titre d'exemple, et seulement à ce titre, nous décrivons brièvement une application expérimentale de l'invention : la combustion-vitrification de Résines échangeuses d'ions (REI) contaminées en radioéléments sur un verre de la famille des néphélines (SiO₂, Na₂O, Al₂O₃). Les REI traitées sont un mélange à parts égales d'amberlite acide IRN77 et basique IRN78 (ayant pour composition massique : C= 69%, G= 7%, O= 14%, N= 3%)

contenant 50% d'eau en masse. L'installation expérimentale fonctionne par lots ; elle est dotée d'un creuset de diamètre 60 cm rempli de 50 kg de fritte de verre et fonctionne en régime nominal avec environ 25 5 kW de puissance de plasma et 50kW de puissance électrique inductive. Le débit de déchets traités dans les conditions citées ci-dessus est en moyenne de 10 kg/h environ sur une durée d'alimentation, il n'y a pas d'accumulation des déchets en surface mais une 10 incorporation immédiate. Ces valeurs de temps de fonctionnement et de capacité ne représentent pas les limites maximales de l'installation expérimentale. La combustion parfaite des résines est obtenue avec un excès en oxygène limité à 20%.

15 On constate une absence de fumées opaques dans le four, une quantité très faible de monoxyde de carbone produite, une absence de suies. Le verre obtenu ne présente pas un caractère réduit et a intégré la quasi-totalisé des éléments minéraux contenus dans les 20 déchets.

Un tel procédé, compact, permettant de simplifier les étapes du traitement d'un déchet, de diminuer le nombre et la taille des équipements peut majoritairement trouver des applications dans le 25 domaine du traitement des déchets radioactifs combustibles. La souplesse offerte par la complémentarité des modes de chauffage mis en œuvre ainsi et le peu de déchets secondaires générés confèrent à l'invention des avantages certains pour le 30 traitement de déchets variés du type B (cellulose, plastique, REI, boues, bitumes, graphite, etc.).

Par extension, des applications pour déchets industriels spéciaux peuvent être envisagées.

REVENDICATIONS

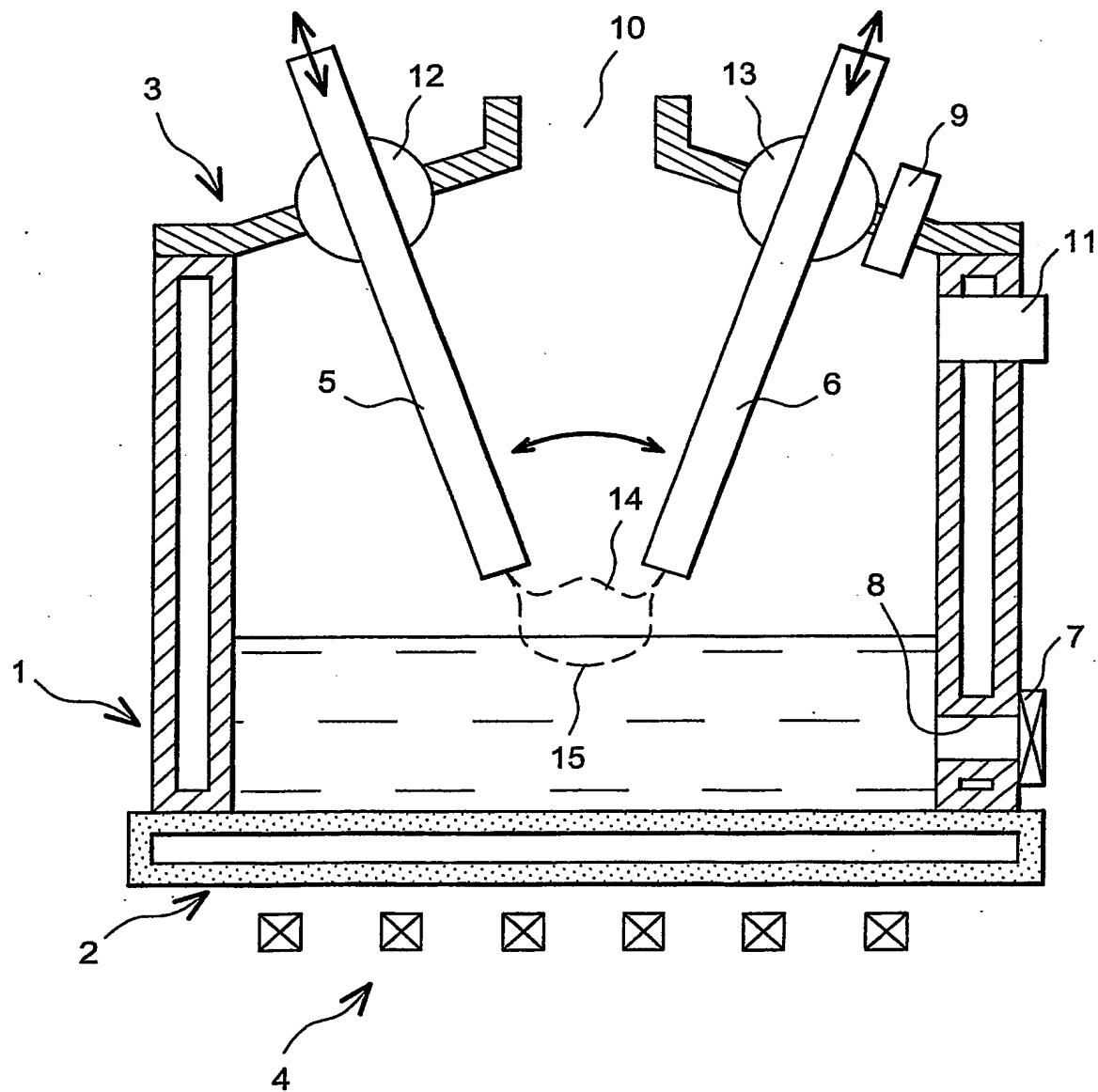
1. Four de vitrification comprenant un creuset (1, 2, 3) et des moyens de chauffage, 5 comprenant au moins une torche à plasma (5) à une partie supérieure du creuset et au moins un bobinage inducteur (4), hors du creuset, caractérisé en ce que le bobinage inducteur est disposé sous le creuset.
2. Four de vitrification selon la 10 revendication 1, caractérisé en ce que le creuset comprend une sole (2) de fond en matière réfractaire et une virole (1) dressée sur la sole (2), la virole (1) ayant une structure continue sur la circonférence et étant en matière métallique.
3. Four de vitrification selon la 15 revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les moyens de chauffage comprennent une seconde torche à plasma, les torches à plasma étant en polarisation électrique pour créer un arc entre elles.
4. Four de vitrification selon la 20 revendication 3, caractérisé en ce que les torches sont mobiles dans le creuset.
5. Four de vitrification selon la 25 revendication 4, caractérisé en ce que les torches sont mobiles en coulissant verticalement.
6. Four de vitrification selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la torche est décalée latéralement du bobinage inducteur.
7. Procédé de vitrification mené avec un 30 four selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le plasma est un

plasma d'oxygène, créant une atmosphère oxydante dans le four.

8. Procédé de vitrification selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'atmosphère oxydante évite une formation d'une phase métallique 5 dans une charge du four.

9. Procédé de vitrification selon l'une quelconque des revendication précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'amorçage avec un 10 chauffage exclusif par la torche, et une étape de régime permanent avec un chauffage simultané par la torche et le bobinage inducteur.

10. Procédé de vitrification selon la revendication 7, avec un four selon la revendication 5, 15 caractérisé en ce que les torches sont approchées du contenu du four pour l'étape de régime permanent.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 03/01087

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 C03B5/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X | US 5 750 822 A (FILIPPOV EUGENE A ET AL) 12 May 1998 (1998-05-12) the whole document ----- | 1,2,5-10 |
| Y | WO 98 05185 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE ; LADIRAT CHRISTIAN (FR); BOEN ROGER) 5 February 1998 (1998-02-05) cited in the application the whole document ----- | 3,4 |
| Y | | 3,4 |

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 August 2003

Date of mailing of the international search report

20/08/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL-2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marrec, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 03/01087

| Patent document cited in search report | | Publication date | | Patent family member(s) | | Publication date |
|--|---|------------------|----|-------------------------|--|------------------|
| US 5750822 | A | 12-05-1998 | US | 5882581 A | | 16-03-1999 |
| WO 9805185 | A | 05-02-1998 | FR | 2751738 A1 | | 30-01-1998 |
| | | | DE | 69706996 D1 | | 31-10-2001 |
| | | | DE | 69706996 T2 | | 25-04-2002 |
| | | | EP | 0914751 A1 | | 12-05-1999 |
| | | | WO | 9805185 A1 | | 05-02-1998 |
| | | | JP | 2000515235 T | | 14-11-2000 |
| | | | KR | 2000029468 A | | 25-05-2000 |
| | | | US | 6185243 B1 | | 06-02-2001 |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 03/01087

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 C03B5/02

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 C03B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-----------|---|-------------------------------|
| X | US 5 750 822 A (FILIPPOV EUGENE A ET AL) 12 mai 1998 (1998-05-12) Le document en entier | 1, 2, 5-10 |
| Y | WO 98 05185 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE ; LADIRAT CHRISTIAN (FR); BOEN ROGER) 5 février 1998 (1998-02-05) cité dans la demande Le document en entier | 3, 4 |
| | | 3, 4 |

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *&* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

12 août 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

20/08/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Marrec, P

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALERenseignements relatifs aux ~~members~~ de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 03/01087

| Document brevet cité au rapport de recherche | | Date de publication | | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|---|------------------------|--|--|--|
| US 5750822 | A | 12-05-1998 | US | 5882581 A | 16-03-1999 |
| WO 9805185 | A | 05-02-1998 | FR DE DE EP WO JP KR US | 2751738 A1 69706996 D1 69706996 T2 0914751 A1 9805185 A1 2000515235 T 2000029468 A 6185243 B1 | 30-01-1998 31-10-2001 25-04-2002 12-05-1999 05-02-1998 14-11-2000 25-05-2000 06-02-2001 |